



Practitioner's Docket No.: 061069-0309151
Client Reference No.: SPO-2583

DPW
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: TAKAHIRO AMANAI Confirmation No: 6680

Application No.: 10/820,148

Group No.: 2872

Filed: April 8, 2004

Examiner:

For: IMAGE FORMING OPTICAL SYSTEM AND ELECTRONIC INSTRUMENT
USING THE SAME

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
JAPAN	2004-109328	04/1/2004

NOTE: This is the second Priority Document. The first Priority Document, JP 2003-105285, was filed with the application on April 8, 2004.

Date: November 23, 2004
PILLSBURY WINTHROP LLP
P.O. Box 10500
McLean, VA 22102
Telephone: (703) 905-2000
Facsimile: (703) 905-2500
Customer Number: 00909

Henry J. Daley

Henry J. Daley
Registration No. 42459

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2004年 4月 1日
Date of Application:

出願番号 特願2004-109328
Application Number:

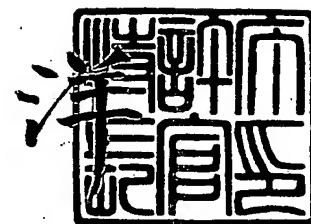
[ST. 10/C]: [JP2004-109328]

願人 オリンパス株式会社
Applicant(s):

2004年10月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特2004-3095375

BEST AVAILABLE COPY

(Translation)

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: April 1, 2004

Application Number: Patent Application No. 2004-109328

Applicant(s): OLYMPUS CORPORATION

October 21, 2004

Commissioner,

Japan Patent Office

Hiroshi OGAWA (seal)

Certificate No. 2004-3095375

[Name of Document] Patent Application
[Reference Number] 04P00551
[Filing Date] April 1, 2004
[Addressee] Commissioner, Patent Office
[Int.Pat. Classification] G02B 11/00
[Inventor]
 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS CORPORATION
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo
 [Name] Takahiro AMANAI
[Patent Applicant]
 [Identification Number] 000000376
 [Name] OLYMPUS CORPORATION
 [Representative] Tsuyoshi KIKUKAWA
[Agent]
 [Identification Number] 100065824
 [Name] Taiji SHINOHARA
[Nominated Agent]
 [Identification Number] 100104983
 [Name] Masayuki FUJINAKA
[Priority Claim Based on Antecedent Application]
 [Application Number] 2003-105285
 [Date of Application] April 9, 2003
[Indication of Fee]
 [Prepayment Register Number] 017938
 [Prepaid Sum] ¥16,000
[List of Submitted Articles]
 [Name of Article] Claimed Scope for patent 1
 [Name of Article] Specification 1
 [Name of Article] Drawings 1
 [Name of Article] Abstract 1
 [Number of General Power of Attorney] 0116478

【書類名】 特許願
【整理番号】 04P00551
【提出日】 平成16年 4月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 11/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
 【氏名】 天内 隆裕
【特許出願人】
 【識別番号】 000000376
 【氏名又は名称】 オリンパス株式会社
 【代表者】 菊川 剛
【代理人】
 【識別番号】 100065824
 【氏名又は名称】 篠原 泰司
【選任した代理人】
 【識別番号】 100104983
 【氏名又は名称】 藤中 雅之
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-105285
 【出願日】 平成15年 4月 9日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 017938
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0116478

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

物体側から順に、第 1 レンズとしての物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、第 2 レンズとしての像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、第 3 レンズとしての負レンズを配置して構成したことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記第 3 レンズの少なくとも 1 面が非球面であり、次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における前記第 3 レンズのパワー、 ϕ_p は近軸における前記第 3 レンズのパワーである。

【請求項 3】

次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$0 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 1.0$$

但し、 r_{1r} は前記第 1 レンズの像側曲率半径、 r_{2f} は前記第 2 レンズの物体側曲率半径である。

【請求項 4】

光学系の開放 Fno と撮像素子の画素間隔を P とするとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$0.55 [1/\mu\text{m}] < \text{Fno} / P [\mu\text{m}] < 2.10 [1/\mu\text{m}]$$

【請求項 5】

前記結像光学系の全長を TL、前記結像光学系を構成するプラスチックレンズにおける最小軸上肉厚を ML としたとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$0.05 < \text{ML} / \text{TL} < 0.35$$

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた電子機器

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCDやCMOSなどの固体撮像素子等を備えた撮像ユニットに用いる結像光学系に関し、例えば、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等に利用できる結像光学系に関するものである。また、この結像光学系を用いた、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコン等の電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、銀塩フィルムに代わり、CCDやCMOSのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラのうち、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像ユニットでは特に小型、軽量化が求められている。

【0003】

このような撮像ユニットに用いる結像光学系としては、従来よりレンズ枚数を1枚もしくは2枚で構成したものがある。しかしながら、このような構成の結像光学系は、像面湾曲が補正できず高い性能は望めないことが既に知られている。このため、結像光学系において高性能を満たすには3枚以上で構成することが必要である。

【0004】

一方、撮像ユニットにCCDのような撮像素子を用いる場合、結像レンズ系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという問題が生じてしまう。このため、CCD等の撮像素子への光線入射角、すなわち射出瞳位置が設計上重要となる。そして、少ないレンズ枚数で構成する光学系の場合には、明るさ絞りの位置が重要となる。

【0005】

これらの問題を考慮した光学系として、物体側から第1レンズの前、或いは、第1レンズと第2レンズとの間に、絞りを配置させたタイプの光学系が挙げられる。従来、そのようなタイプの結像光学系としては、例えば、次の特許文献1～5に開示されたものがある。

【特許文献1】 特開平5-188284号公報

【特許文献2】 特開平7-27974号公報

【特許文献3】 特開平9-288235号公報

【特許文献4】 特開平11-52227号公報

【特許文献5】 特開2001-83409号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところが、これら特許文献1～5に記載の結像光学系は、次に示すように様々な問題点があった。

特許文献1、3に記載の結像光学系では、いずれも第1レンズが両凸形状の正レンズで、第2レンズが両凹形状の負レンズである。また、特許文献2に記載の結像光学系では、第2レンズが両凹形状の負レンズである。上記特許文献では、第1レンズ、第2レンズのうちの少なくともいずれかが、両面が凸又は凹形状となっている。このため、これらの結像光学系では、レンズ間偏心時の性能劣化が著しい。また、性能を確保するためには、非常に高い組立精度が要求され、ゆえに組立工数が増加し、低コストを達成することは困難である。また、これらの結像光学系は、絞り位置が適当な位置とはいえない。そのため、ディストーションや倍率の色収差の発生が抑えきれず、いずれも大きな画角をとることが

できない。また、第1レンズに高屈折率のガラスを用いないと、光学性能を十分に満足させることができない。

【0007】

また、特許文献5に記載の結像光学系では、第1レンズが物体側に凹面を向けた正レンズで構成されている。この場合、レンズ周辺部が全長を短くすることの妨げとなり、しかも、第1面への光線入射角度がきつくなる。そのため、特許文献5の光学系では、大きな画角をとることが困難である。

【0008】

また、特許文献4に記載の結像光学系では、第1レンズを物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズとし、第2レンズを像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズにして上述の影響を軽減している。しかしながら、第3レンズが正パワーのレトロフォーカスタイプで構成されているため全長は大きく、小型化を達成しているとはいえなかった。

【0009】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明による結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、第3レンズとしての負レンズを配置して構成したことを特徴としている。

【0011】

また、本発明による結像光学系は、前記第3レンズの少なくとも1面が非球面であり、次の条件式(1)を満足することを特徴としている。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \dots(1)$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における前記第3レンズのパワー、 ϕ_p は近軸における前記第3レンズのパワーである。

【0012】

また、本発明による結像光学系は、次の条件式(2)を満足することを特徴としている。

$$0 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 1.0 \quad \dots(2)$$

但し、 r_{1r} は前記第1レンズの像側曲率半径、 r_{2f} は前記第2レンズの物体側曲率半径である。

【0013】

また、本発明による結像光学系は、光学系の開放Fnoと撮像素子の画素間隔をPとするとき、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.55 [1/\mu\text{m}] < Fno/P [\mu\text{m}] < 2.10 [1/\mu\text{m}] \quad \dots(3)$$

【0014】

また、本発明による結像光学系は、光学系の全長をTL、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚をMLとしたとき、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.05 < ML/TL < 0.35 \quad \dots(4)$$

【0015】

実施例の説明に先立ち、本発明のように構成した理由及び本発明の作用効果を説明する。

まず、結像光学系を構成するレンズ枚数について説明する。本発明では性能と小型化を考慮した結果、3枚のレンズで結像光学系を構成した。レンズを4枚以上使って結像光学系を構成すれば、さらに性能が向上するのは明らかである。しかしながら、レンズが1枚増えることにより、レンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースがその分多くなり大型化するのは避けられない。

また、本明細書の従来技術において述べたように、2枚以下で結像光学系を構成したのでは像面湾曲が小さくならず、周辺性能がかなり劣化する。

本発明のように、結像光学系を構成するレンズの枚数を3枚にすれば、性能、大きさともに最適となる。

【0016】

次に、結像光学系を用いるユニットに、例えばCCDのような撮像素子を用いた場合、明るさ絞りを像面から遠い位置に配置することが望ましい。これにより、良好な集光性能を維持するために撮像素子への光線入射角度を小さくすることができる。

一方、画角の広い光学系においては、明るさ絞りを光学系のパワー配置に対して対称的に配置させることが望ましい。これにより、画面周辺部のディストーション及び倍率色収差の発生を低減させることができる。

上記二つの理由から、本発明の結像光学系では、明るさ絞りの位置を、第1レンズと第2レンズとの間に配置している。これにより、広角でかつテレセン性を重視した光学系を実現した。また、像素子への光線入射角度を小さくし、かつ、画面周辺部のディストーション及び倍率色収差の発生を低減させることを、最も効果的に実現できた。

【0017】

また、本発明の結像光学系のように、第1レンズを、物体側に正パワーの強い曲面を持つ正メニスカスレンズで構成すれば、第1正レンズの主点位置を物体側に移動させることができ、全長短縮に有利となる。

加えて、本発明の結像光学系では、明るさ絞りを挟んで、第1レンズおよび第2レンズをそれぞれ、物体側に凸を向けた正パワーを有するメニスカスレンズ、像側に凸を向けた正パワーを有するメニスカスレンズとしている。このようにすることで、光学面においてのパワー配置が、物体側から、(正、負)、(負、正)となる。その結果、入射光線と射出光線とのなす角度、すなわち偏角を小さく保つことができ、収差の発生を抑制させることができる。また、もともと無偏心時における収差発生量が小さいため、レンズの相対偏心時における性能変動の影響を受けにくい構成となる。

【0018】

上述のように、本発明の結像光学系では、光学系の全長を小さくするために、第1レンズを正パワー、第2レンズを負パワーのパワー配置として構成した。しかし、広角な光学系において、最も像側のレンズが、中心から周辺に到るまで負パワーを有していると、次のような不都合が生じる。例えば、シェーディングを避けるために、入射角度が限定されるようなCCDを撮像素子に用いたとする。この場合、パワーが中心から周辺に到るまで負だと、光線高の大きい位置での光線入射角度を小さくすることが出来ない。

そこで、最も像面側のレンズにおいて、少なくとも1面を非球面とし、レンズ中心のパワーは負であっても、レンズ周辺のパワーを正にする。このようにすれば、光線高の大きい位置での光線を光軸側に大きく屈折させて、像面への光線入射角度を小さくすることが可能となる。

ゆえに、本発明の結像光学系では、最も像面側のレンズである第3レンズにおいて、次の条件式(1)を満足することが重要である。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \dots(1)$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における第3レンズのパワー、 ϕ_p は近軸における第3レンズのパワーである。

ここで、最大光線高の位置におけるレンズのパワー ϕ_m を次のように定義するものとする。対称のレンズのレンズ最大光線高 H_m に、物体側の無限遠方から平行光線を入射させ、レンズ通過後の傾き角を ξ としたとき、 $\phi_m = \tan \xi / H_m$ で与えられるものである。

【0019】

条件式(1)の下限値を下回ると、近軸のパワーが弱くなりすぎて全長が長くなってしまいか、もしくは、周辺の正パワーが大きくなりすぎ、著しく周辺性能が劣化してしまう。

一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第3レンズ周辺の正パワーが小さくなりすぎる。その結果、像面への光線入射角の補正が不十分となってしまう。

【0020】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(1')を満足するのが良い。

$$-1.0 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \dots(1')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(1'')を満足するのが良い。

$$-0.5 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \dots(1'')$$

【0021】

さらに、本発明の結像光学系は、第1レンズの像側曲率半径と第2レンズの物体側曲率半径が次の条件式(2)を満足するのが良い。

$$0 < (r1r + r2f) / (r1r - r2f) < 1.0 \quad \dots(2)$$

但し、 $r1r$ は第1レンズの像側曲率半径、 $r2f$ は第2レンズの物体側曲率半径である。

【0022】

条件式(2)を満足すれば、第1レンズと第2レンズの偏角を小さくすることができ、レンズの相对偏心による性能劣化を抑制させることが可能となる。

条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズの物体側の負パワーが弱くなりすぎ、第1レンズで発生する収差を良好に補正できなくなる。

一方、条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズの物体側の負パワーが強くなりすぎる。その結果、この面で発生する球面収差やコマ収差を他の面で補正することが困難になってしまう。

【0023】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(2')を満足するのが良い。

$$0.2 < (r1r + r2f) / (r1r - r2f) < 0.9 \quad \dots(2')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(2'')を満足するのが良い。

$$0.5 < (r1r + r2f) / (r1r - r2f) < 0.7 \quad \dots(2'')$$

【0024】

また、結像光学系において、結像光学系の全長を小さくするためには、結像光学系全系の主点位置を物体側寄りに配置させることが必要であり、従って、第1レンズのパワーが重要となってくる。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(3)を満足するのが好ましい。

$$0.1 < r1f / f < 1.0 \quad \dots(3)$$

但し、 $r1f$ は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

【0025】

条件式(3)の上限値を上回ると、第1面の曲率半径が緩くなり、正パワーの第1レンズの主点位置が像面側になる。そこで、結像光学系の全長を短縮するためには、各レンズのパワーを強くしなければならない。ところが、パワーが強くなると収差が発生しやすくなるので、所定の性能を出すのが困難となる。

一方、条件式(3)の下限値を下回ると、結像光学系の全長の短縮には有利となるが、第1面により発生する球面収差の補正が困難となる。

【0026】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(3')を満足するのが良い。

$$0.2 < r1f / f < 0.8 \quad \dots(3')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(3'')を満足するのが良い。

$$0.3 < r1f / f < 0.6 \quad \dots(3'')$$

【0027】

本発明の結像光学系は、全長を短縮するために、次のような構成を採用している。すなわち、第1レンズと第2レンズにおける正のパワーと、第3レンズにおける負のパワーにより、テレフォトタイプの光学系となっている。そのため、このテレフォトタイプの正パワーと負パワーの配置に対して、結像光学系の全長短縮と性能確保とをバランスよく達成させるためには、次の条件式(4)、(5)を満足するのが好ましい。

$$0.2 < f12 / |f3| < 1.5 \quad \dots(4)$$

$$0.5 < f / |f3| < 2.0 \quad \dots(5)$$

但し、 f_{12} は第1レンズと、第2レンズの合成焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

【0028】

条件式(4)、(5)を満足しないと、テレフォトタイプを構成する正のパワーと負のパワーとのバランスが崩れ、結像光学系の全長が増大し、或いは性能が劣化してしまう。

すなわち、条件式(4)、(5)の上限値を上回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが弱くなるので、結像光学系の全長短縮に不利となる。

一方、条件式(4)、(5)の下限値を下回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが強くなりすぎる。そのため、それに伴い正のパワーも強くしなければならず、各レンズで発生する収差が増大となり、性能を確保するのが困難となる。

【0029】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(4')、(5')を満足するのが良い。

$$0.4 < f_{12}/|f_3| < 1.3 \quad \dots(4')$$

$$0.7 < f/|f_3| < 1.5 \quad \dots(5')$$

さらに、好ましくは、次の条件式(4'')、(5'')を満足するのが良い。

$$0.6 < f_{12}/|f_3| < 0.9 \quad \dots(4'')$$

$$0.9 < f/|f_3| < 1.2 \quad \dots(5'')$$

【0030】

本発明の結像光学系では、明るさ絞りを挟んで、第1レンズと、第2及び第3レンズとが配置されている。ここで、倍率色収差やディストーションを小さくするためには、軸外光線が明るさ絞りの中心位置に対して点对称に通るようにすることが重要となる。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(6)を満足するのが良い。

$$-5.0 < f_1/f_{23} < 3.0 \quad \dots(6)$$

但し、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_{23} は第2レンズと第3レンズの合成焦点距離である。

【0031】

条件式(6)の上限値を上回るか、或いは下限値を下回ると、倍率色収差やディストーションが補正過剰、もしくは補正不足になってしまう。その結果、いずれの場合も周辺性能が悪化する。

【0032】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(6')を満足するのが良い。

$$0 < f_1/f_{23} < 1.0 \quad \dots(6')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(6'')を満足するのが良い。

$$0.4 < f_1/f_{23} < 0.7 \quad \dots(6'')$$

【0033】

また、本発明の結像光学系は、軸上色収差を補正するためには、レンズ全体で色消しを行い、次の条件式(7)を満足するのが好ましい。

$$0.5 < (\nu_1 - \nu_3)/(\nu_2 - \nu_3) < 1.5 \quad \dots(7)$$

但し、 ν_1 は第1レンズのアッベ数、 ν_2 は第2レンズのアッベ数、 ν_3 は第3レンズのアッベ数である。

条件式(7)の上限値を上回るか、或いは下限値を下回ると、軸上色収差が補正過剰、もしくは補正不足になってしまう。その結果、中心性能を確保することが困難となる。

【0034】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(7')を満足するのが良い。

$$0.7 < (\nu_1 - \nu_3)/(\nu_2 - \nu_3) < 1.3 \quad \dots(7')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(7'')を満足するのが良い。

$$0.8 < (\nu_1 - \nu_3)/(\nu_2 - \nu_3) < 1.2 \quad \dots(7'')$$

【0035】

ところで、撮像素子にCCDを用いる場合、いわゆるシェーディングという現象がおき

てしまう。これは、光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう現象である。一方、像面に対して小さい角度で入射させると、上記シェーディングの問題は軽減されるが、光学系の全長が大きくなってしまう。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(8)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < EXP/f < 1.5 \quad \dots(8)$$

但し、EXPは像面からの射出瞳までの距離、fは結像光学系全系の焦点距離である。条件式(8)の上限値を上回ると、結像光学系の全長が大きくなってしまう。

一方、条件式(8)の下限値を下回ると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ画像周辺部の明るさが低下してしまう。

【0036】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(8')を満足するのが良い。

$$0.6 < EXP/f < 1.3 \quad \dots(8')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(8'')を満足するのが良い。

$$0.8 < EXP/f < 1.1 \quad \dots(8'')$$

【0037】

また、光学系の開放Fnoと撮像素子の画素間隔をPとすると、本発明の結像光学系は、次の条件式(9)を満足するのが良い。

$$0.55 [1/\mu m] < Fno/P [\mu m] < 2.10 [1/\mu m] \quad \dots(9)$$

条件式(9)の上限値を上回ると、光学系が暗くなり過ぎるか、画素間隔が小さくなり過ぎることにより、1画素あたりの光量が少なくなってしまう。従って、シャッター速度が遅くなり、手ぶれを引き起こしたり、長時間露光によりノイズが増加する原因となる。

一方、条件式(9)の下限値を下回ると、画素間隔が大きくなり過ぎ、高画素な撮像データが得られなくなる。

【0038】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(9')を満足するのが良い。

$$0.65 [1/\mu m] < Fno/P [\mu m] < 1.50 [1/\mu m] \quad \dots(9')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(9'')を満足するのが良い。

$$0.77 [1/\mu m] < Fno/P [\mu m] < 1.18 [1/\mu m] \quad \dots(9'')$$

【0039】

また、光学系の全長をTL、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚をMLとすると、本発明の結像光学系は、次の条件式(10)を満足するのが良い。

$$0.05 < ML/TL < 0.35 \quad \dots(10)$$

条件式(10)の上限値を上回ると、全長に対して、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が大きすぎるために、ガラスレンズの中心肉厚が十分に確保できず、ガラスレンズの加工性が悪化してしまう。

一方、条件式(10)の下限値を下回ると、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が小さくなり過ぎることから、成型時にプラスチック樹脂が成型型にスムーズに入り込めず、応力がかかって複屈折の原因になったり、成型に時間がかかり、生産性が悪化してしまう。

【0040】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(10')を満足するのが良い。

$$0.10 < ML/TL < 0.27 \quad \dots(10')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(10'')を満足するのが良い。

$$0.14 < ML/TL < 0.20 \quad \dots(10'')$$

【発明の効果】

【0041】

本発明の結像光学系によれば、製造誤差に対する性能劣化が少なく、小型化しても高性能な結像光学系を得ることができる。

【実施例】

【0042】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

第1実施例

図1は本発明の結像光学系の第1実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図2は第1実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第1実施例の結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた、物体側の面が非球面の正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズL3とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

【0043】

次に、第1実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第1実施例では、第1レンズL1と第2レンズL2はガラスで、第3レンズL3はプラスチック（ポリカーボネート）で構成されている。

光学系の像面には、1/3インチ、130万画素（画素間隔3.6μm）の撮像素子が配置されている。

なお、第1実施例の数値データにおいて、屈折率、アッペ数はe線におけるものである。

また、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をk、非球面係数をa、b、・・・としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+k)(y/r)^2\}^{1/2}] + ay^4 + by^6 + \dots$$

これらは、以下の実施例においても共通である。

数値データ1

焦点距離：4.6mm、Fナンバー：2.8、像高：3.0mm、

半画角：31°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.12	1.5163	64.1
2	8.55	0.44		
3	絞り面	0.77		
4	非球面[2]	1.55	1.5891	61.2
5	非球面[3]	0.22		
6	非球面[4]	1.26	1.5839	30.2
7	非球面[5]	1.66		

像面 ∞

【0044】

非球面[1]

曲率半径 2.32

$$k = 2.1257 \times 10^{-2}$$

$$a = 2.4932 \times 10^{-3} \quad b = 7.0861 \times 10^{-4}$$

非球面[2]

曲率半径 -1.80

$$k = 1.3698 \times 10^0$$

$$a = -7.3856 \times 10^{-2}$$

非球面[3]

曲率半径 -1.14

$$k = -8.3219 \times 10^{-1}$$

$$a = 2.7759 \times 10^{-2} \quad b = -1.4018 \times 10^{-2}$$

非球面[4]

曲率半径 -23.77
 $k = 7.6623 \times 10^{+1}$
 $a = 4.3204 \times 10^{-3}$

非球面[5]

曲率半径 2.70
 $k = -1.3298 \times 10^{+1}$
 $a = -1.5317 \times 10^{-2}$ $b = 6.0974 \times 10^{-4}$

【0045】

第2実施例

図3は本発明の結像光学系の第2実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図4は第2実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第2実施例の結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた、物体側の面が非球面の正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズL3とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

【0046】

次に、第2実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第2実施例では、第1レンズはガラス、第2レンズと第3レンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第2レンズはゼオネックス、第3レンズはポリカーボネートで構成されている。

光学系の像面には、1/3インチ、200万画素（画素間隔3.0 μ m）の撮像素子が配置されている。

数値データ2

焦点距離: 4.6mm、Fナンバー: 2.4、像高: 3.0mm、
 半画角: 31°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.04	1.5831	59.4
2	5.90	0.44		
3	絞り面	0.76		
4	非球面[2]	1.23	1.5256	56.4
5	非球面[3]	0.10		
6	非球面[4]	1.46	1.5839	30.2
7	非球面[5]	1.56		

像面 ∞

【0047】

非球面[1]

曲率半径 2.19
 $k = 1.0272 \times 10^{-1}$
 $a = 1.9376 \times 10^{-3}$ $b = 7.2822 \times 10^{-4}$

非球面[2]

曲率半径 -1.50
 $k = 1.0172 \times 10^{+0}$
 $a = -8.5104 \times 10^{-2}$

非球面[3]

曲率半径 -1.02
 $k = -7.7974 \times 10^{-1}$
 $a = 3.1554 \times 10^{-2}$ $b = -2.0397 \times 10^{-2}$

非球面[4]

曲率半径 -25.93
 $k = 1.1898 \times 10^{+2}$
 $a = 2.7400 \times 10^{-3}$

非球面[5]

曲率半径 2.95
 $k = -1.5198 \times 10^{+1}$
 $a = -2.3321 \times 10^{-2}$ $b = 9.9319 \times 10^{-4}$

【0048】

第3実施例

図5は本発明の結像光学系の第3実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図6は第3実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第3実施例の結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL1'と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズL3とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

【0049】

次に、第3実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第3実施例では、全てのレンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第1レンズと第2レンズはゼオネックスで、第3レンズはポリカーボネートで構成されている。

光学系の像面には、1/3インチ、300万画素（画素間隔2.4 μ m）の撮像素子が配置されている。

数値データ3

焦点距離: 4.5 mm、Fナンバー: 2.8、像高: 3.0 mm、
 半画角: 34°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.06	1.5256	56.4
2	非球面[2]	0.46		
3	絞り面	0.66		
4	非球面[3]	1.22	1.5256	56.4
5	非球面[4]	0.10		
6	非球面[5]	1.45	1.5839	30.2
7	非球面[6]	0.14		
8	∞	1.51		
像面	∞			

【0050】

非球面[1]

曲率半径 2.04
 $k = 3.5240 \times 10^{-1}$
 $a = 3.8084 \times 10^{-4}$ $b = 5.3270 \times 10^{-4}$

非球面[2]

曲率半径 5.60
 $k = 2.9258 \times 10^{+0}$
 $a = 5.6408 \times 10^{-3}$

非球面[3]

曲率半径 -1.36
 $k = 8.2622 \times 10^{-1}$
 $a = -9.7733 \times 10^{-2}$ $b = 1.4302 \times 10^{-2}$

非球面[4]

曲率半径 -0.97
 $k = -7.2104 \times 10^{-1}$
 $a = 3.7885 \times 10^{-2}$ $b = -2.0112 \times 10^{-2}$
 非球面[5]

曲率半径 -58.12
 $k = 5.7689 \times 10^{+2}$
 $a = 3.4088 \times 10^{-3}$

非球面[6]

曲率半径 2.94
 $k = -1.6741 \times 10^{+1}$
 $a = -2.4078 \times 10^{-2}$ $b = 1.3122 \times 10^{-3}$

【0051】

第4実施例

図7は本発明の結像光学系の第4実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図8は第4実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第4実施例の結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL1'と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズL3とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

【0052】

次に、第4実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第4実施例では、全てのレンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第1レンズと第2レンズはゼオネックスで、第3レンズはポリカーボネートで構成されている。

光学系の像面には、1/3インチ、200万画素（画素間隔3.0 μ m）の撮像素子が配置されている。

数値データ4

焦点距離: 4.65mm、Fナンバー: 2.8、像高: 3.0mm、
 半画角: 33°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.05	1.5256	56.4
2	非球面[2]	0.45		
3	絞り面	0.64		
4	非球面[3]	1.56	1.5256	56.4
5	非球面[4]	0.10		
6	非球面[5]	1.88	1.5839	30.2
7	非球面[6]	1.33		

像面 ∞

【0053】

非球面[1]

曲率半径 2.05
 $k = 4.6507 \times 10^{-1}$
 $a = 3.7625 \times 10^{-4}$ $b = 8.1987 \times 10^{-4}$
 非球面[2]

曲率半径 5.69
 $k = 3.5391 \times 10^{+0}$
 $a = 1.1185 \times 10^{-2}$

非球面[3]

曲率半径 -1.68

$$k = 1.4236 \times 10^{+0}$$

$$a = -4.7874 \times 10^{-2} \quad b = -3.4864 \times 10^{-2}$$

非球面[4]

曲率半径 -1.12

$$k = -6.0437 \times 10^{-1}$$

$$a = 4.2650 \times 10^{-2} \quad b = -1.0446 \times 10^{-2}$$

非球面[5]

曲率半径 -34.06

$$k = 2.2622 \times 10^{+2}$$

$$a = -1.1040 \times 10^{-3}$$

非球面[6]

曲率半径 2.68

$$k = -1.1850 \times 10^{+1}$$

$$a = -1.6923 \times 10^{-2} \quad b = 3.9551 \times 10^{-4}$$

【0054】

なお、本発明の上記各実施例では、結像光学系をプラスチックレンズで構成したが、全てのレンズをガラスで構成してもかまわない。また、例えば、上記各実施例よりも屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できるのは言うまでもない。

【0055】

また、本発明の上記各実施例の結像光学系を構成するレンズに特殊低分散ガラスを用いれば、色収差の補正に効果があるのは言うまでもない。特に、プラスチックで構成する場合には、低吸湿材料（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス等）を用いることにより環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい。

【0056】

また、上記各実施例において、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り以外にフレア絞りを配置してもかまわない。フレア絞りは、上記各実施例の第1レンズの前、第1レンズと明るさ絞りとの間、明るさ絞りと第2レンズとの間、第2レンズと第3レンズとの間、第3レンズと像面との間のいずれの場所に配置しても良い。

また、フレア絞りは、枠によりフレア光線をカットするように構成しても良いし、別の部材を構成しても良い。または、フレア絞りを結像光学系に直接印刷したり、塗装したり、或いはシールなどを接着してもかまわない。また、フレア絞りの形状は円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でもかまわない。また、フレア絞りを設けることによって、有害光束をカットするだけでなく画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしても良い。

また、各レンズに反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減するようにしてもかまわない。その場合、マルチコートにすると効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバーガラス等に行ってもかまわない。

【0057】

また、本発明の上記各実施例の結像光学系において、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うように構成しても良い。その場合、レンズ系全体を繰り出してフォーカスを行うようにしても良いし、一部のレンズを繰り出し、もしくは繰り込むことでフォーカスするようにしても良い。

【0058】

また、本発明の上記各実施例の結像光学系において、画像周辺部の明るさ低下を、CCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減しても良い。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてCCDのマイクロレンズの設計を変えても良い。また画像処理により画像周辺部の低下量を補正しても良い。

また、図示はしていないが、本発明の光学系は、フィルムやCCDを記録部材とするカメラ、あるいは携帯電話、携帯型情報入力端末等の光学装置に適している。よって、上記の光学系を備えた光学装置も、本発明として含まれる。

【0059】

次に、各実施例における条件式パラメータ計算値を表1に示す。

表1

	第1実施例	第2実施例	第3実施例	第4実施例
Φ_m/Φ_p	-0.15	-0.28	-0.38	-0.04
$(r1r+r2f)/(r1r-r2f)$	0.65	0.59	0.61	0.54
$r1f/f$	0.50	0.48	0.45	0.44
$f12/ f3 $	0.80	0.76	0.70	0.84
$f/ f3 $	1.14	1.04	0.95	1.12
$f1/f23$	0.66	0.48	0.61	0.44
$(\nu 1-\nu 3)/(\nu 2-\nu 3)$	1.09	1.11	1.00	1.00
EXP/f	1.00	0.91	0.94	0.86
$Fno/P [\mu m]$	0.78	0.80	1.17	0.93
ML/TL	0.18	0.19	0.16	0.15

【0060】

図9は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す前側斜視図、図10は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す後側斜視図である。図において、1は撮影光路2を有する撮影光学系、3はファインダー用光路4を有するファインダー光学系、5はシャッター釦、6はフラッシュ、7は液晶表示モニターである。また、カメラの上部に配置されたシャッター釦5を押すと、それに連動して撮影光学系1を通して撮影が行われるようになっている。

【0061】

図11(a)は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだ携帯電話の一例の正面図、図11(b)は同側面図である。図中、10はマイク部、11はスピーカ部、12は入力ダイヤル、13はモニター、14は撮影光学系、15は通信電波の送信と受信を行うアンテナである。マイク部10は操作者の声を情報として入力し、スピーカ部11は通話相手の声を出力する。入力ダイヤル12は操作者が情報を入力するのに用いられ、モニター13は操作者自身や通話相手等の撮映像と電話番号等の情報を表示する。アンテナ15は通信電波の送信と受信を行なう。

撮影光学系14は、撮影光路16上に配置された本発明の結像光学系と、像を受光する撮像素子とを有し、これらは携帯電話に内蔵されている。撮像素子の前面にはIRカットフィルターが設けられ、また、撮影光学系14の先端には該光学系を保護するためのカバーガラスが配置されている。撮像素子で受光された物体像は、携帯電話に内蔵された図示しない処理手段に入力され、電子画像としてモニター13に、または、通信相手のモニターに、または、その両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合には、上記処理手段に含まれる信号処理機能により、撮像素子で受光された物体像の情報が送信可能な信号へ変換されるようになっている。

【0062】

以上説明したように、本発明の結像光学系は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次のような特徴を備えている。

【0063】

(1) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の結像光学系。

$$0.1 < r1f/f < 1.0$$

但し、 $r1f$ は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は光学系全系の焦点距離である。

【0064】

(2) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$0.2 < f_{12} / |f_3| < 1.5$$

$$0.5 < f / |f_3| < 2.0$$

但し、 f_{12} は第 1 レンズと、第 2 レンズの合成焦点距離、 f_3 は第 3 レンズの焦点距離、 f は光学系全系の焦点距離である。

【0065】

(3) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$-5.0 < f_1 / f_{23} < 3.0$$

但し、 f_1 は第 1 レンズの焦点距離、 f_{23} は第 2 レンズと第 3 レンズの合成焦点距離である。

【0066】

(4) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$0.5 < (\nu_1 - \nu_3) / (\nu_2 - \nu_3) < 1.5$$

但し、 ν_1 は第 1 レンズのアッベ数、 ν_2 は第 2 レンズのアッベ数、 ν_3 は第 3 レンズのアッベ数である。

【0067】

(5) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$0.4 < EXP / f < 1.5$$

但し、 EXP は像面からの射出瞳までの距離、 f は光学系全系の焦点距離である。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】本発明の結像光学系の第 1 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2】第 1 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3】本発明の結像光学系の第 2 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 4】第 2 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 5】本発明の結像光学系の第 3 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 6】第 3 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 7】本発明の結像光学系の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 8】第 4 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 9】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す前側斜視図である。

【図 10】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す後側斜視図である。

【図 11】(a)は、本発明の結像光学系を用いた携帯電話の概略構成を示す正面図、(b)は、同側面図である。

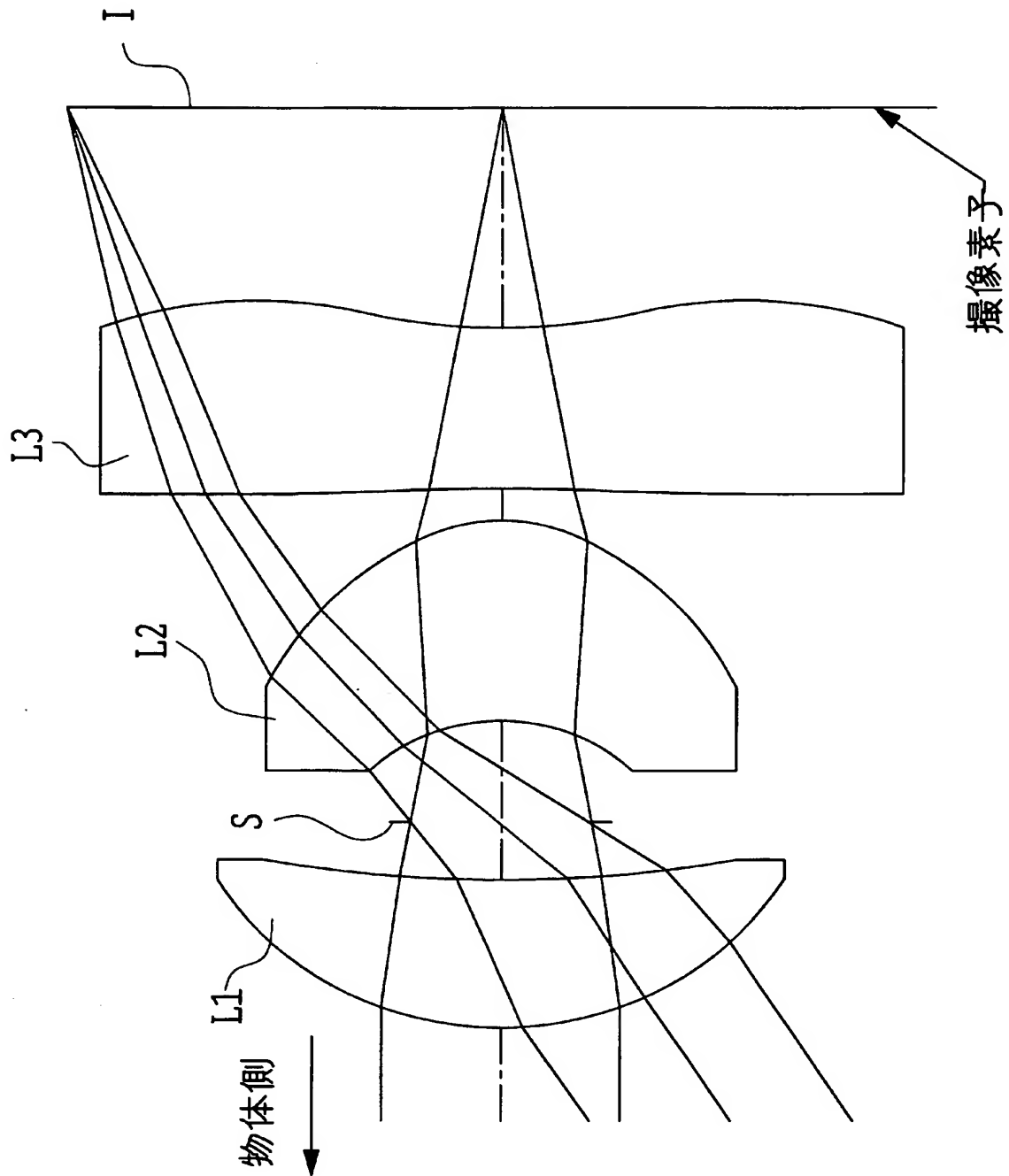
【符号の説明】

【0069】

L_1, L_1'	正メニスカスレンズ (第 1 レンズ)
L_2	正メニスカスレンズ (第 2 レンズ)
L_3	負レンズ (第 3 レンズ)
S	明るさ絞り
I	撮像面

1, 1 4	撮影光学系
2, 1 6	撮影光路
3	ファインダー光学系
4	ファインダー用光路
5	シャッター鉤
6	フラッシュ
7	液晶表示モニター
1 0	マイク部
1 1	スピーカ部
1 2	入力ダイヤル
1 3	モニター
1 5	アンテナ

【書類名】 図面
【図 1】

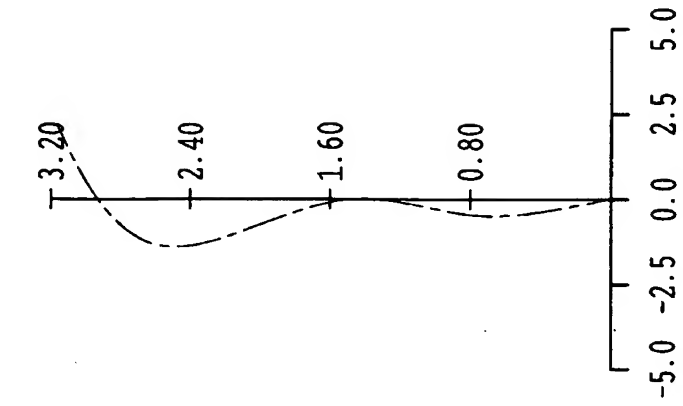


【図 2】

——	656.2700nm
- - -	587.5600nm
——	546.0700nm
- - -	486.1300nm
——	435.8400nm

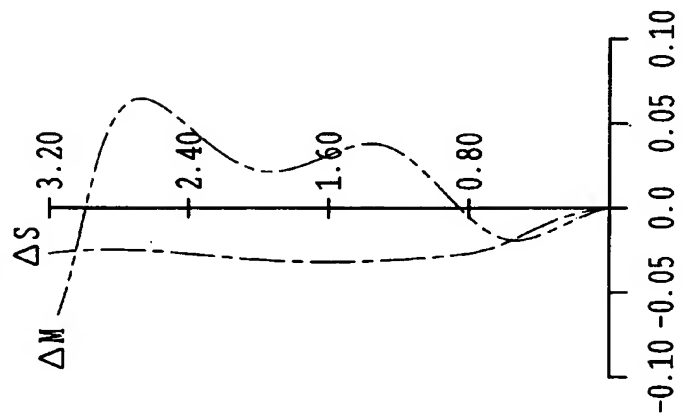
歪曲収差

像高=3.0mm



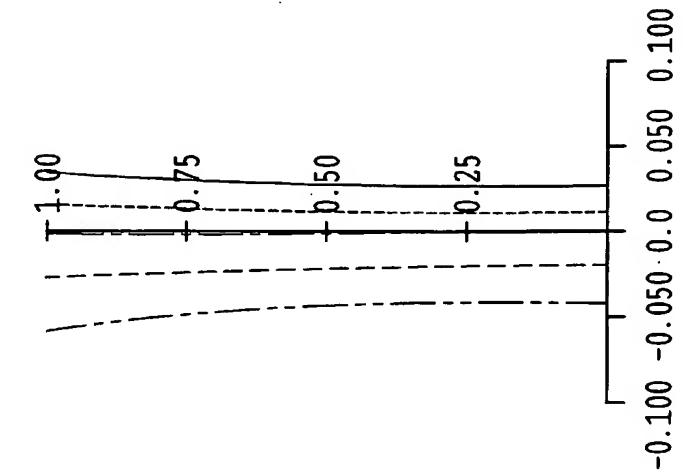
非点収差

像高=3.0mm

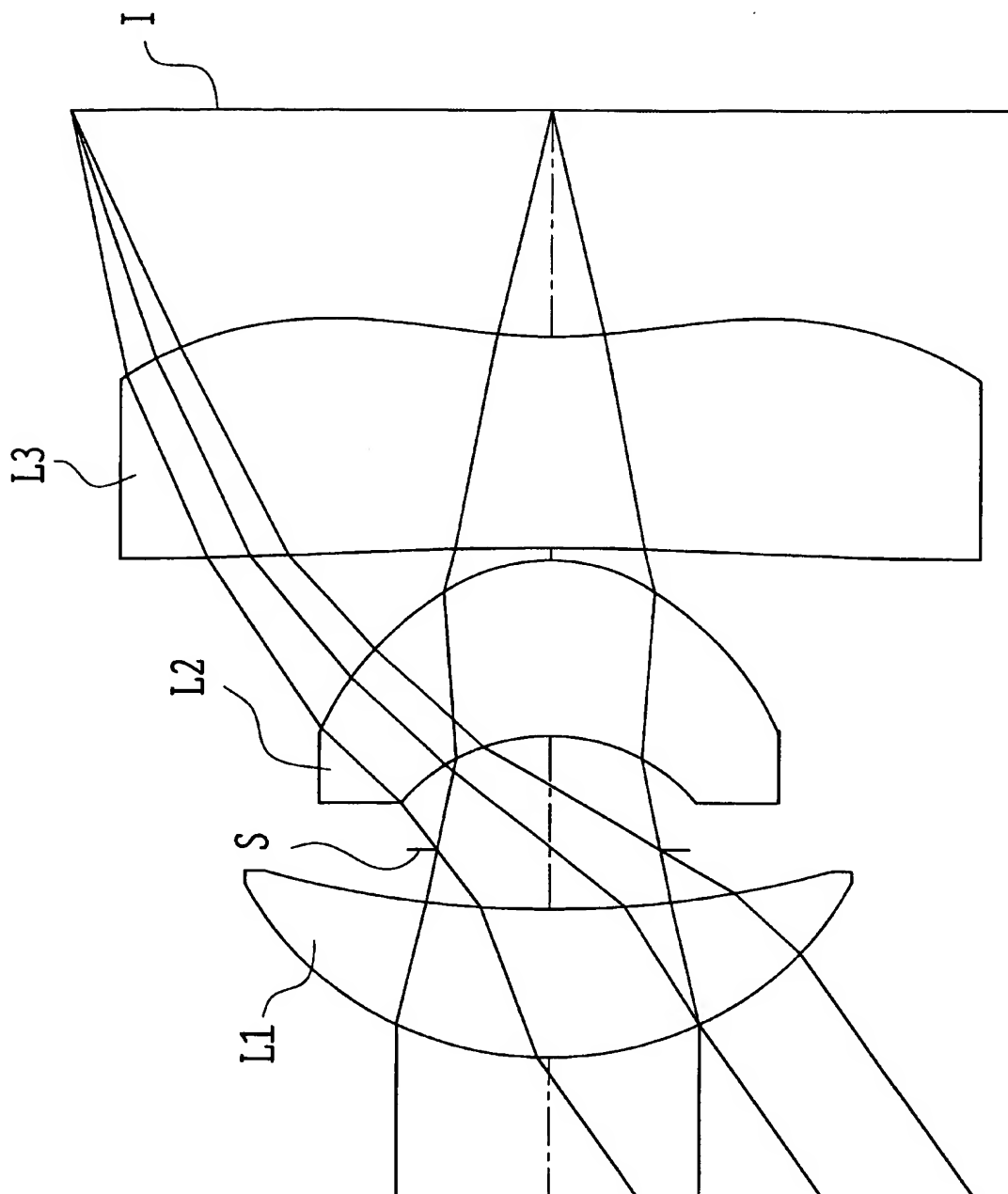


球面収差

半面角=31°

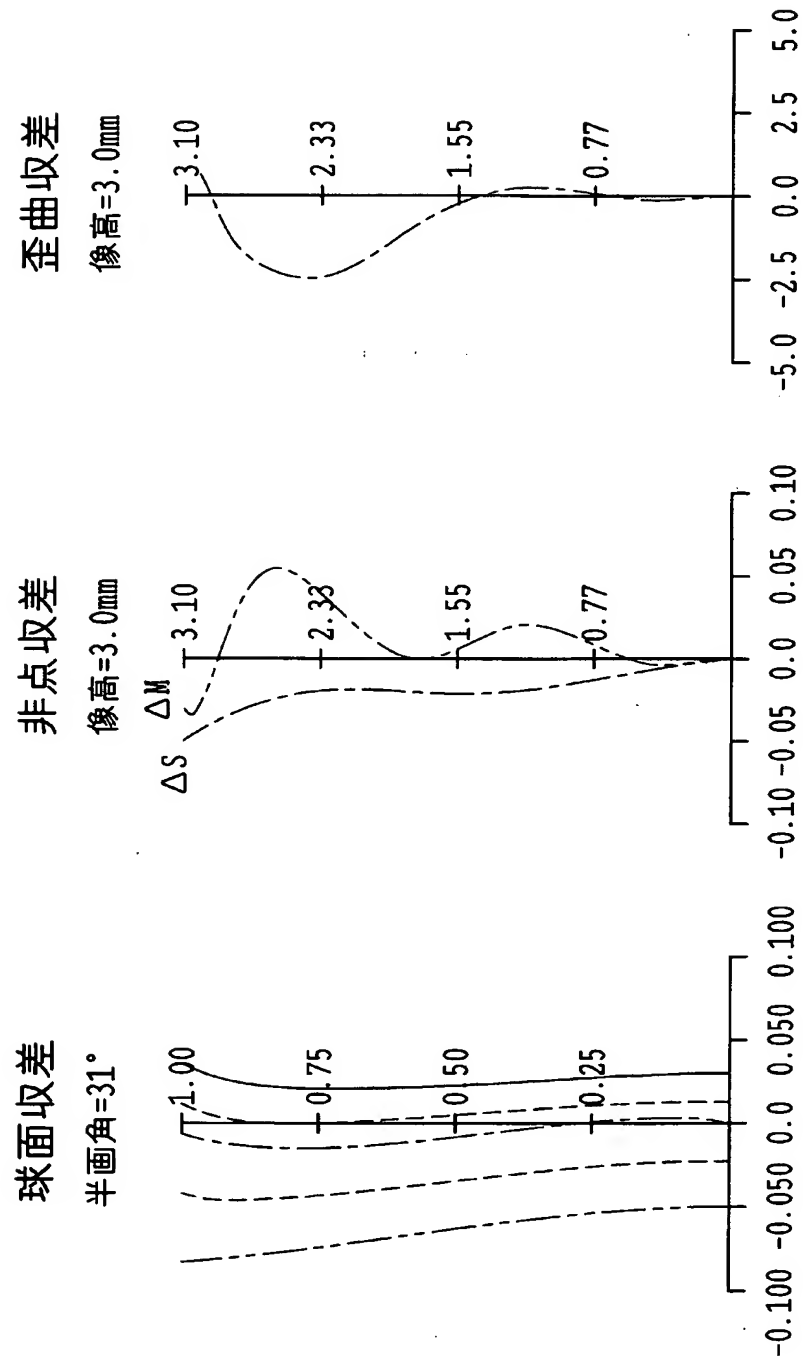


【図 3】

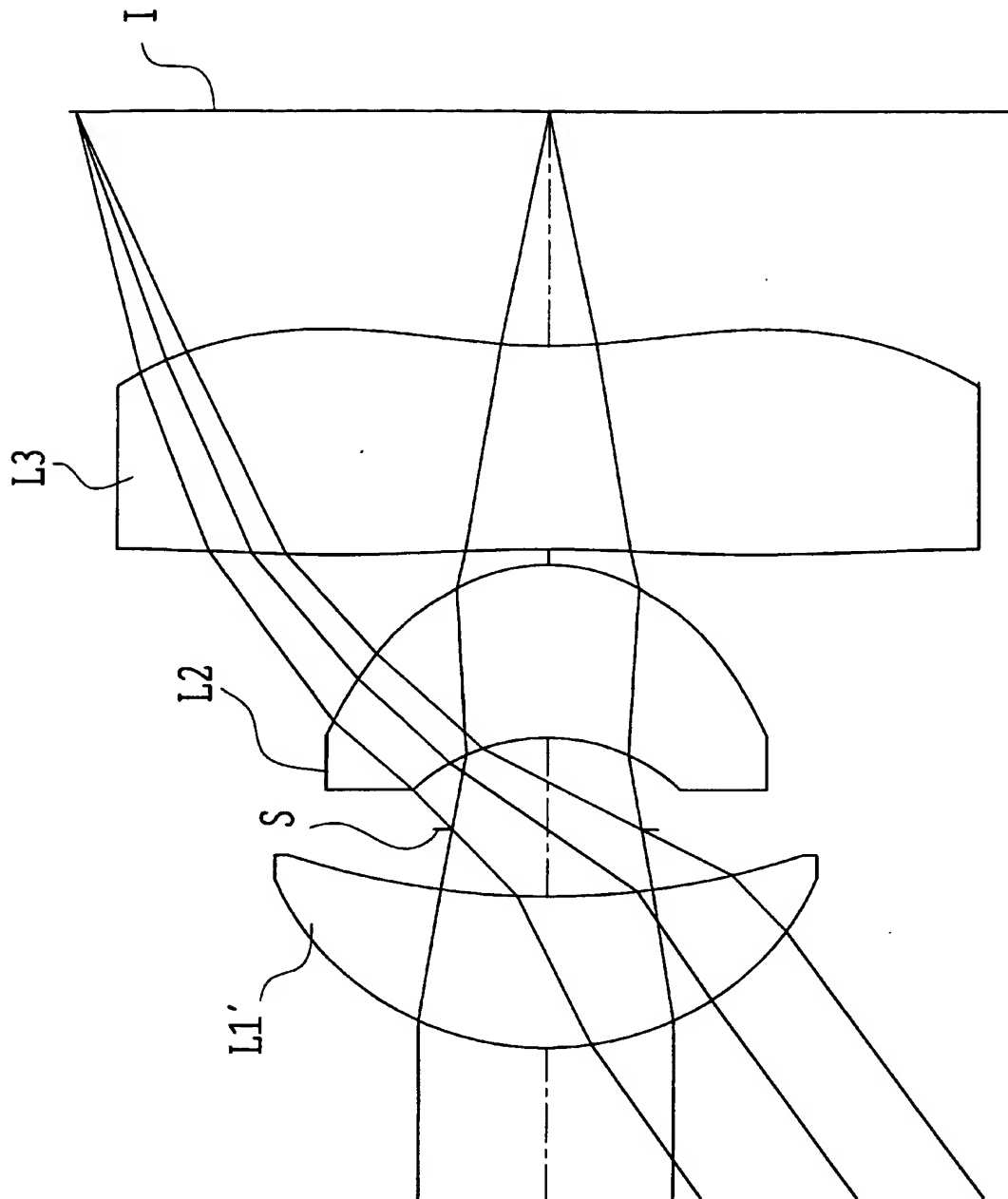


【図 4】

—— 656.2700NM
 ---- 587.5600NM
 —— 546.0700NM
 ---- 486.1300NM
 ---- 435.8400NM

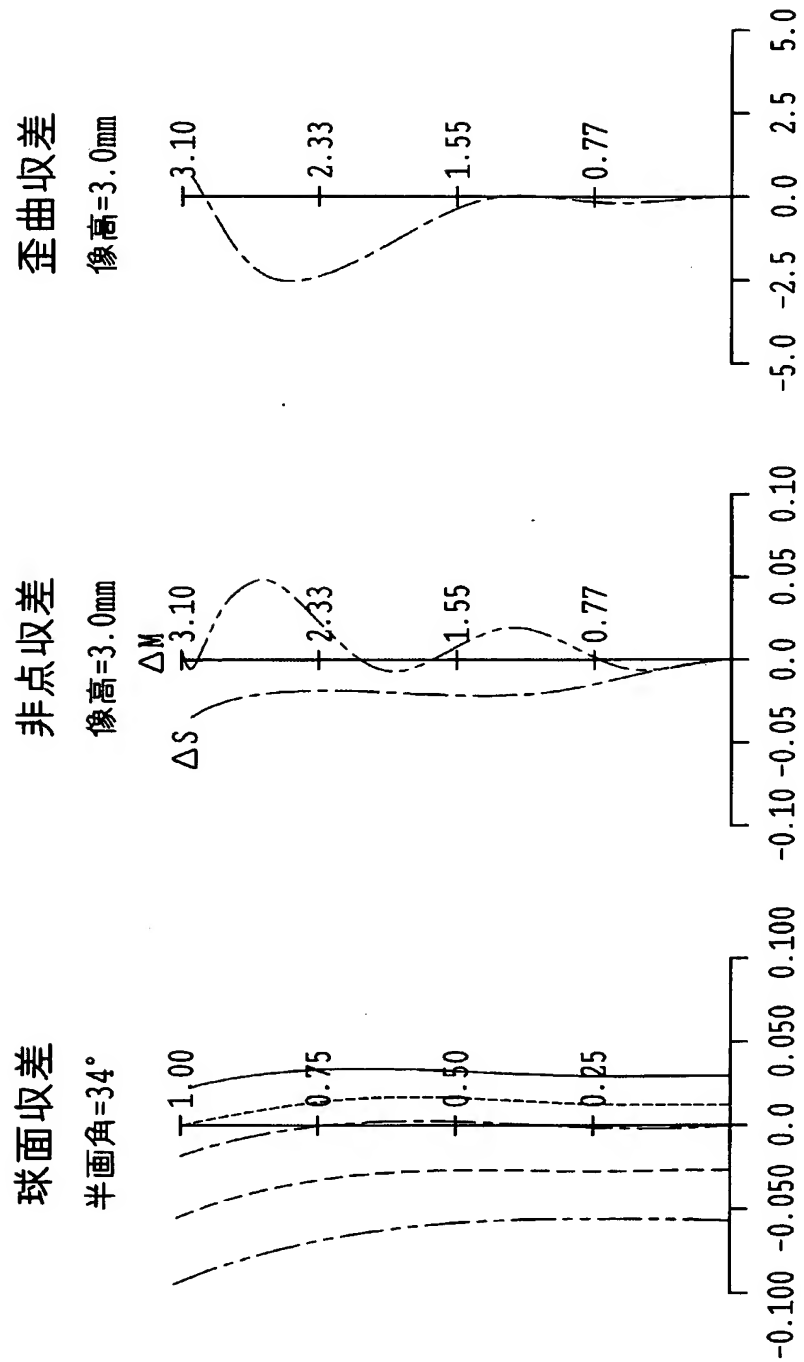


【図 5】

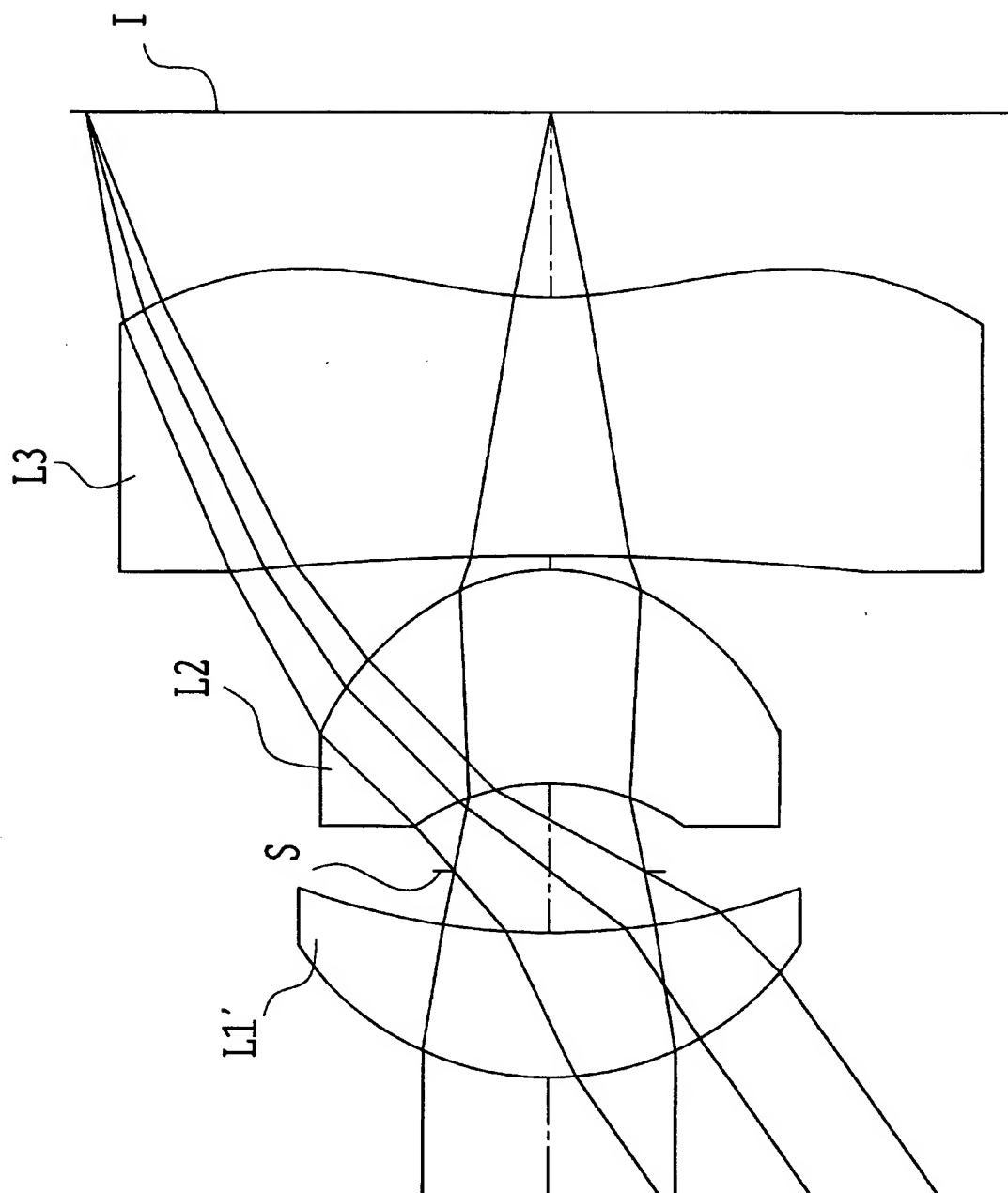


【図 6】

—— 656.2700nm
 --- 587.5600nm
 —— 546.0700nm
 --- 486.1300nm
 —— 435.8400nm



【図 7】

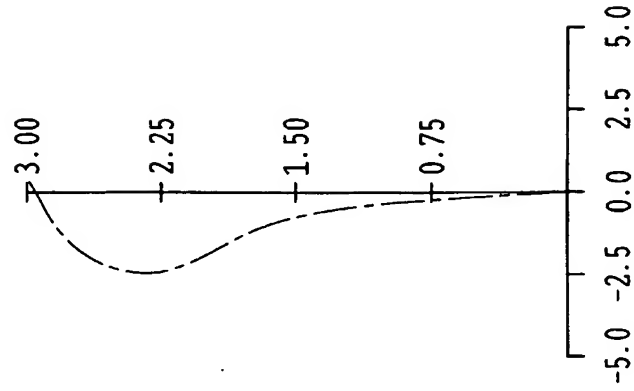


【図 8】

—	656.2700nm
- - -	587.5600nm
—	546.0700nm
- - -	486.1300nm
—	435.8400nm

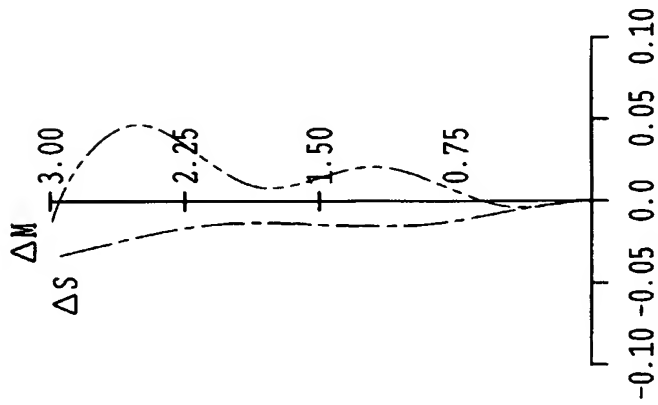
歪曲収差

像高=3.0mm



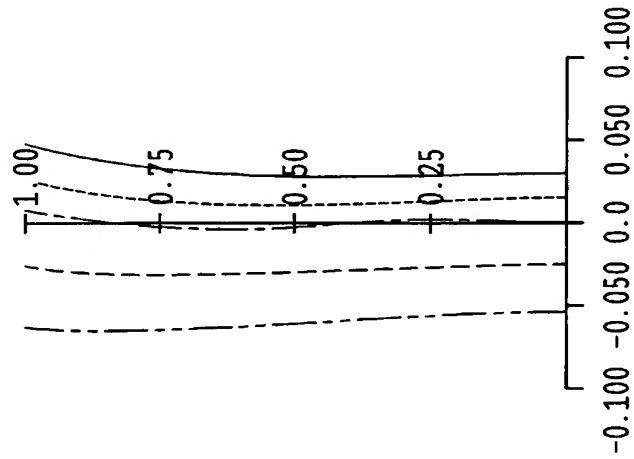
非点収差

像高=3.0mm

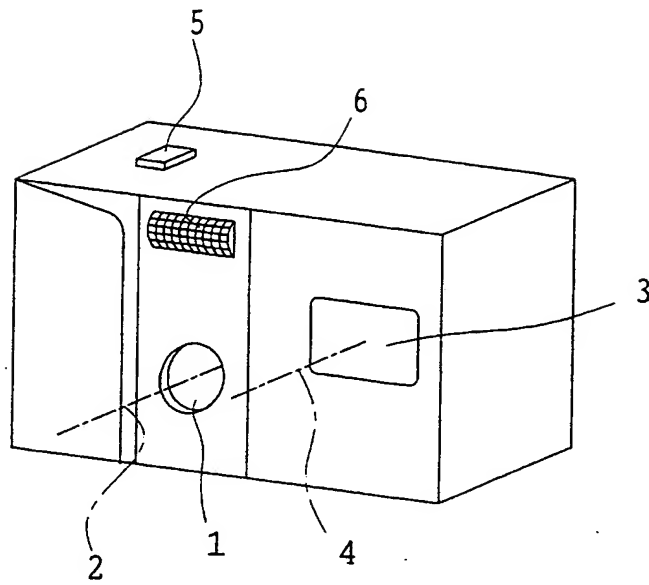


球面収差

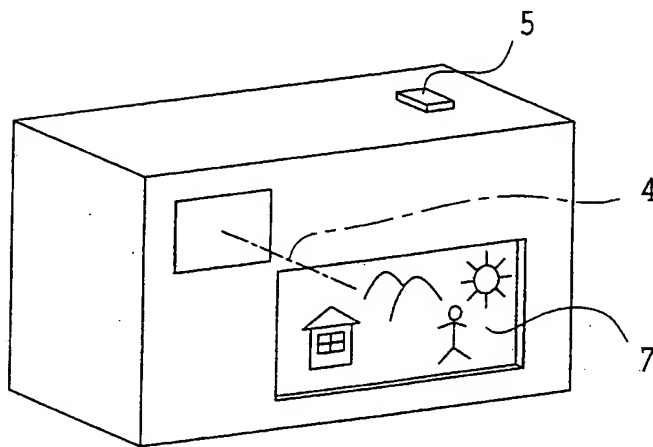
半面角=33°



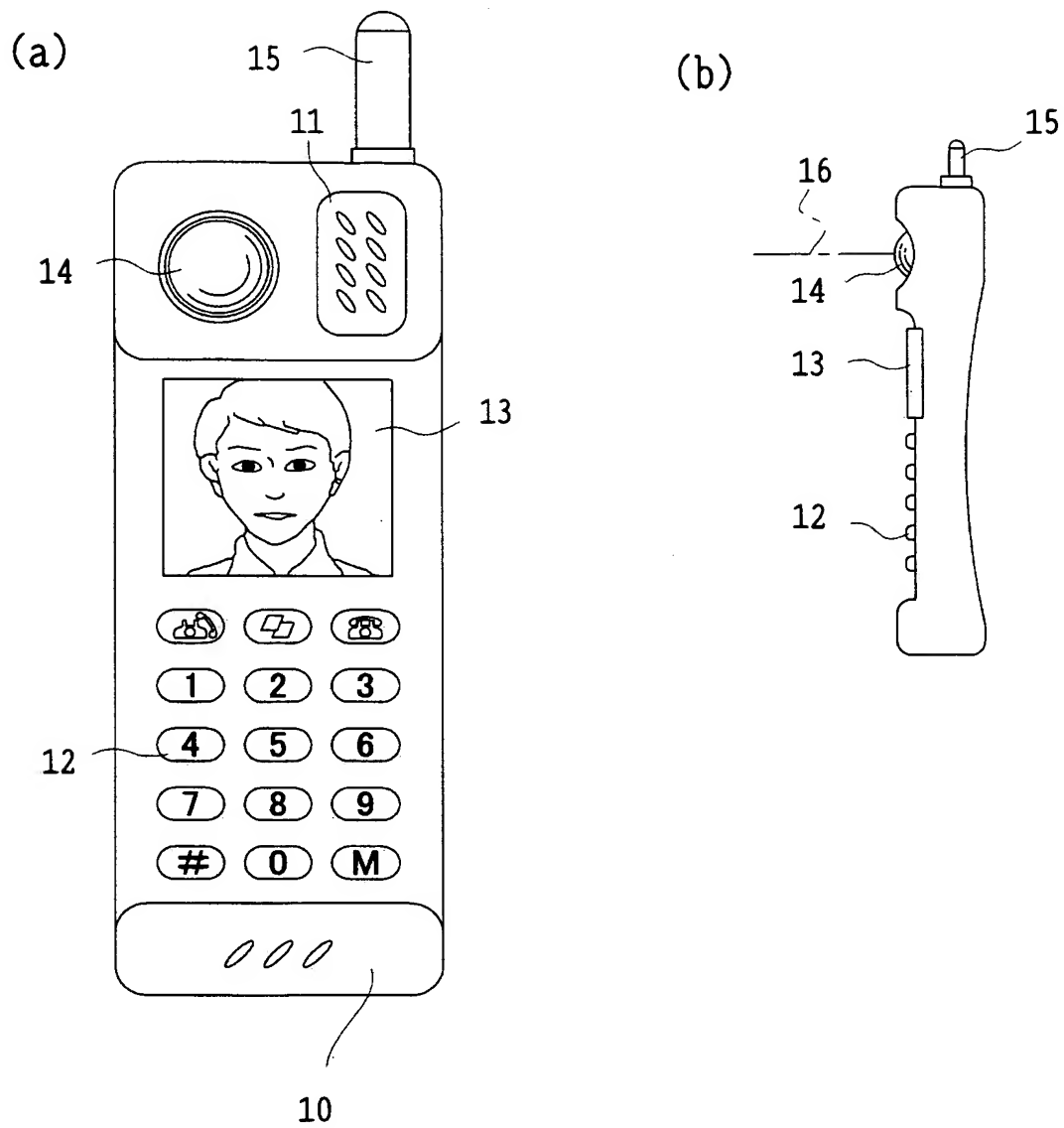
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての負レンズL3を配置して構成されている。

第3レンズL3は、少なくとも1面が非球面であり、次の条件式を満足する。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における第3レンズL3のパワー、 ϕ_p は近軸における第3レンズL3のパワーである。

また、次の条件式を満足する。

$$0 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 1.0$$

但し、 r_{1r} は第1レンズL1の像側曲率半径、 r_{2f} は第2レンズL2の物体側曲率半径である。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 1 0 9 3 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 0 月 1 日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
氏 名	オリンパス株式会社